

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-204987

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)9月11日

H 01 L 31/10

6819-5F

審査請求 有 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体発受光装置

⑯ 特 願 昭60-45796

⑰ 出 願 昭60(1985)3月8日

⑱ 発 明 者 吉 田 淳 一 厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話公社厚木電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 上 原 信 吾 厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話公社厚木電気通信研究所内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 田中 正治

明 細 書

1. 発明の名称 半導体発受光装置

2. 特許請求の範囲

半導体活性層をそれぞれ含み且つ互に同じ積層構造を有する第1、第2及び第3の半導体積層体が、それらの順に並置して、それらに共通の半導体基板上に形成され、

上記第1、第2及び第3の半導体積層体上に、第1、第2及び第3の電極がそれぞれ付され、

上記半導体基板上に、上記第1、第2及び第3の電極に対して共通な共通電極が付されている構成を有し、

上記第1の半導体積層体の半導体活性層が、上記第2の半導体積層体の半導体活性層に比し狭いエネルギーバンドギャップを有し、

上記第2の半導体積層体の半導体活性層が、上記第3の半導体積層体の半導体活性層に比し狭いエネルギーバンドギャップを有し、

上記半導体基板と、上記第1の半導体積層体と、上記第1の電極と、上記共通電極とで、上

記第1の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた第1の波長を有する光を発光または受光し得る第1の半導体発受光素子が構成され、

上記半導体基板と、上記第2の半導体積層体と、上記第2の電極と、上記共通電極とで、上記第2の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた上記第1の波長に比し短い第2の波長を有する光を発光または受光し得る第2の半導体発受光素子が構成され、

上記半導体基板と、上記第3の半導体積層体と、上記第3の電極と、上記共通電極とで、上記第3の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた上記第2の波長に比し短い第3の波長を有する光を発光または受光し得る第3の半導体発受光素子が構成されていることを特徴とする半導体発受光装置。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させることができる、という半導体発受光装置に関する。

従来の技術

従来、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させることができる、という実用的な半導体発受光装置の提案はみられていない。

発明が解決しようとする問題点

このため、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、

用い他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させることができるとしても、上述した半導体発光装置から発光して得られる第1（または第2）の波長を有する光を光ファイバを用いて他の位置に送信させ、また、光ファイバを用いて、第2（または第1）の波長を有する光を、他の位置から、上述した半導体受光装置に受信させる場合、送信用の光ファイバと、受信用の光ファイバとを必要とするか、または送受信用の光ファイバと、その送受信用の光ファイバと、上述した半導体発光装置と上述した半導体受光装置とのそれぞれの間の2つの光結合路とを必要としていた。

このため、従来は、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信さ

第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させる場合、従来は、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させ得る半導体発光装置と、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させ得る半導体受光装置とを必要としていた。

このため、従来は、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させるための装置が、全体として、大型、高価になる、などの欠点を有していた。

また、従来は、上述した半導体発光装置と、上述した半導体受光装置とを用いて、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを

せるようにし、そして、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ、また、光ファイバを用いて他の位置から、第2（または第1）の波長を有する光を受信させるようにするための装置が、全体として、大型、高価になる、などの欠点を有していた。

問題を解決するための手段

よって、本発明は、上述した欠点なしに、第1（または第2）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光を、光ファイバを用いて他の位置から受信させるように、受光することができ、しかも、上述した欠点なしに、第1（または第2）の波長を有する光を、送受信用の光ファイバを用いて他の位置に送信させ、また、その送受信用の光ファイバを用いて、他の位置から、第2（または第1）の波長を有する光を受信させることができる、という新規な半

導体発受光装置を提案せんとするものである。

本発明による半導体発受光装置は、半導体活性層をそれぞれ含み且つ互に同じ積層構造を有する第1、第2及び第3の半導体積層体が、それらの順に並置して、それらに共通の半導体基板上に形成され、また、上記第1、第2及び第3の半導体積層体上に、第1、第2及び第3の電極がそれぞれ付され、さらに、上記半導体基板に、上記第1、第2及び第3の電極に対して共通な共通電極が付されている構成を有し、そして、この場合、上記第1の半導体積層体の半導体活性層が、上記第2の半導体積層体の半導体活性層に比し狭いエネルギーバンドギャップを有し、また、上記第2の半導体積層体の半導体活性層が、上記第3の半導体積層体の半導体活性層に比し狭いエネルギーバンドギャップを有し、よって、上記半導体基板と、上記第1の半導体積層体と、上記第1の電極と、上記共通電極とで、上記第1の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた第

1の波長を有する光を発光または受光し得る第1の半導体発受光素子が構成され、また、上記半導体基板と、上記第2の半導体積層体と、上記第2の電極と、上記共通電極とで、上記第2の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた上記第1の波長に比し短い第2の波長を有する光を発光または受光し得る第2の半導体発受光素子が構成され、さらに、上記半導体基板と、上記第3の半導体積層体と、上記第3の電極と、上記共通電極とで、上記第3の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップによって決められた上記第2の波長に比し短い第3の波長を有する光を発光または受光し得る第3の半導体発受光素子が構成されている、という構成を有する。

作 用

このような構成を有する本発明による半導体発受光装置の場合、第1、第2及び第3の半導体発受光素子が、それらの順に並置して配列されている構成を有する。

また、第1、第2及び第3の半導体発受光素子のそれぞれを構成している第1、第2及び第3の半導体積層体の半導体活性層のエネルギーバンドギャップを、それぞれ E_{g1} 、 E_{g2} 及び E_{g3} とすると、それらエネルギーバンドギャップ E_{g1} 、 E_{g2} 及び E_{g3} が、 $E_{g1} < E_{g2} < E_{g3}$ の関係を有する。

さらに、第1、第2及び第3の半導体発受光素子がそれぞれ発光または受光し得る第1、第2及び第3の光を、それぞれ L_1 、 L_2 及び L_3 とし、そしてそれら光 L_1 、 L_2 及び L_3 の波長を、それぞれ λ_1 、 λ_2 及び λ_3 とすると、それら波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_3 が、 $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ の関係を有する。

このため、いま、第1の半導体発受光素子で波長 λ_1 を有する光 L_1 を発光させれば、その光 L_1 が第2及び第3の半導体発受光素子でほとんど吸収されることなしに、第2及び第3の半導体発受光素子をそれらの順に通って、第1の半導体発受光素子側とは反対側から外部に出

射する。

また、第3の半導体発受光素子の第1の半導体発受光素子側とは反対側から、第1の半導体発受光素子側に向けて波長 λ_3 を有する光 L_3 を入射させれば、その光 L_3 がほとんど第3の半導体発受光素子で吸収され、その結果、波長 λ_3 を有する光 L_3 の受光出力が、第3の電極及び共通電極を介して、出力される。

さらに、第3の半導体発受光素子で波長 λ_3 を有する光 L_3 を発光させれば、その光 L_3 が、第1の半導体発受光素子側とは反対側から外部に出射する。

この場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 は、第1の半導体発受光素子側にも向うが、その光 L_3 は、第2の半導体発受光素子でほとんど吸収されるため、第1の半導体発受光素子にほとんど入射しない。

また、第3の半導体発受光素子の第1の半導体発受光素子側とは反対側から、第1の半導体発受光素子側に向けて、波長 λ_1 を有する光 L_1

λ_3 を入射させれば、その光 L_1 が、第3及び第2の半導体発受光素子でほとんど吸収されることなしに、第3及び第2の半導体発受光素子にそれらの順に通って、第1の半導体発受光素子に入射し、そして、その第1の半導体発受光素子で吸収され、その結果、波長 λ_1 を有する光 L_1 の受光出力が、第1の電極及び共通電極を介して出力される。

効果

このため、本発明による半導体発受光装置によれば、第1（または第2）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_1 を有する光 L_1 （または波長 λ_3 を有する光 L_3 ））を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 （または波長 λ_1 を有する光 L_1 ））を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、受光させることができる。

しかも、この場合、第1（または第2）の波

長を有する光（上例の場合、波長 λ_1 を有する光 L_1 （または波長 λ_2 を有する光 L_3 ））を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ、また、光ファイバを用いて、第2（または第1）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 （または波長 λ_1 を有する光 L_1 ））を受信させる場合、送信用の光ファイバと、受信用の光ファイバとを必要とせず、送受信用の1つの光ファイバで足り、また、その送受信用の1つの光ファイバとの間に2つの光結合路を必要とせず、1つの光結合路で足りる、という優れた特徴を有する。

実施例

次に、第1図を伴って本発明による半導体発受光装置の実施例を述べよう。

第1図に示す本発明による半導体発受光装置は、次に述べる構成を有する。

すなわち、例えば InP でなり且つ n 型を有する半導体基板10を有し、その半導体基板10上に、例えば InP でなり且つ n 型を有する

バッファ層乃至クラッド層としての半導体層21と、例えば InGaAsP 系でなり且つ半導体層21に比し十分低い不純物濃度を有する半導体活性層22と、その半導体活性層22よりも僅かに広いエネルギーバンドギャップを有する例えば InGaAsP 系でなり且つ半導体層21に比し十分低い不純物濃度を有する導波路層としての半導体層23と、例えば InP でなり且つ p 型を有するクラッド層としての半導体層24とが、それらの順に積層されている、という構成を有する第1、第2及び第3の半導体積層体B1、B2及びB3が、それらの順に並置して形成され、一方、それら半導体積層体B1、B2及びB3上に、第1、第2及び第3の電極E1、E2及びE3がそれぞれオーミックに付され、また、半導体基板10に、半導体積層体B1、B2及びB3側とは反対側の面上において、電極E1、E2及びE3に対して共通な電極EOがオーミックに付されている構成を有する。

この場合、半導体積層体B1、B2及びB3

の半導体活性層22は、それらのエネルギーバンドギャップをそれぞれ E_{g1} 、 E_{g2} 及び E_{g3} とするとき、それらエネルギーバンドギャップ E_{g1} 、 E_{g2} 及び E_{g3} が、 $E_{g1} < E_{g2} < E_{g3}$ の関係のエネルギーバンドギャップを有し、よって、半導体基板10と、半導体積層体B1と、電極E1と、共通電極EOとで、半導体積層体B1の半導体活性層22のエネルギーバンドギャップ E_{g1} によって決められた第1の波長 λ_1 を有する光 L_1 を発光または受光し得る第1の半導体発受光素子M1が構成され、また、半導体基板10と、半導体積層体B2と、電極E2と、共通電極EOとで、半導体積層体B2の半導体活性層22のエネルギーバンドギャップ E_{g2} によって決められた第1の波長 λ_2 を有する光 L_2 を発光または受光し得る第2の半導体発受光素子M2が構成され、さらに、半導体基板10と、半導体積層体B3と、電極E3と、共通電極EOとで、半導体積層体B3の半導体活性層22のエネルギーバンドギャップ E_{g3}

λ_3 によって決められた第1の波長 λ_3 を有する光 L_3 を発光または受光し得る第3の半導体発受光素子M3が構成されている。

なお、上述した構成を有する本発明による半導体発受光装置は、實際上、次に述べる構成を有する。

すなわち、半導体基板10上に、半導体積層体B1～B3の半導体層21になる半導体層31が形成され、その半導体層31上に半導体積層体B1、B2及びB3の半導体活性層22がそれらの順に並置して形成され、そして、半導体層31上に、半導体積層体B1～B3の半導体活性層22を埋置して、半導体積層体B1～B3の半導体層23になる半導体層33と、半導体積層体B1～B3の半導体層24になる半導体層34とがそれらの順に形成され、しかし、半導体層31、33及び34からなる半導体積層体内に、その上方からプロトンの照射によって、上方からみて、半導体層31、33及び34からなる半導体積層体を3分するように、

絶縁層112、及び123が、半導体積層体B1及びB2の半導体活性層22間、及び半導体積層体B2及びB3の半導体活性層22間において、ともに半導体基板10に達する深さに形成され、よって、半導体層31、33及び34からなる半導体積層体の、絶縁層112からみて絶縁層123側とは反対側の領域を、半導体活性層22を含んでいる半導体積層体B1とし、また、半導体層31、33及び34からなる半導体積層体の、絶縁層112及び123間の領域を、半導体活性層22を含んでいる半導体積層体B2とし、さらに、半導体層31、33及び34からなる半導体積層体の、絶縁層123からみて絶縁層112側とは反対側の領域を、半導体活性層22を含んでいる半導体積層体B3としている構成を有する。

以上が、本発明による半導体発受光装置の実施例の構成である。

このような構成を有する本発明による半導体発受光装置の場合、第1、第2及び第3の半導

体発受光素子M1、M2及びM3がそれらの順に並置して配列されている構成を有する。

また、第1、第2及び第3の半導体発受光素子M1、M2及びM3のそれぞれを構成している第1、第2及び第3の半導体積層体B1、B2及びB3の半導体活性層22のエネルギーバンドギャップ E_{g1} 、 E_{g2} 及び E_{g3} が、 $E_{g1} < E_{g2} < E_{g3}$ の関係を有する。

さらに、第1、第2及び第3の半導体発受光素子がそれぞれ発光または受光し得る第1、第2及び第3の光 L_1 、 L_2 及び L_3 の波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_3 が、 $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ の関係を有する。

このため、いま、第1の半導体発受光素子M1の電極E1及びE3間に、電極E1側を正とする電源を接続し、その半導体発受光素子M1で波長 λ_1 を有する光 L_1 を発光させれば、その光 L_1 が第2及び第3の半導体発受光素子M2及びM3でほとんど吸収されることなしに、第2及び第3の半導体発受光素子M2及びM3

をそれらの順に通って、第1の半導体発受光素子M1側とは反対側から外部に出射する。

また、第3の半導体発受光素子M3の電極E3及びE0間に、電極E3側を負とする電源を接続して、または接続することなしに、半導体発受光素子M3の半導体発受光素子M1側とは反対側から、第1の半導体発受光素子M1側に向けて波長 λ_3 を有する光 L_3 を入射させれば、その光 L_3 がほとんど第3の半導体発受光素子で吸収され、その結果、波長 λ_3 を有する光 L_3 の受光出力が、第3の電極及び共通電極E0を介して、出力される。

さらに、第3の半導体発受光素子M3の電極E3及びE0間に、電極E3側を正とする電源を接続し、半導体発受光素子M3で波長 λ_3 を有する光 L_3 を発光させれば、その光 L_3 が、第1の半導体発受光素子M1側とは反対側から外部に出射する。

この場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 は、第1の半導体発受光素子M1側にも向うが、その光

L_3 は、第2の半導体発受光素子M2でほとんど吸収されるため、第1の半導体発受光素子にほとんど入射しない。

また、第3の半導体発受光素子M3の電極E3及びE0間に電極E3側を負とする電源を接続して、または接続することなしに、半導体発受光素子M3の第1の半導体発受光素子M1側とは反対側から、第1の半導体発受光素子M1側に向けて波長 λ_1 を有する光 L_1 を入射せれば、その光 L_1 が、第3及び第2の半導体発受光素子M3及びM2でほとんど吸収されることなしに、第3及び第2の半導体発受光素子M3及びM2をそれらの順に通って、第1の半導体発受光素子M1に入射し、そして、その第1の半導体発受光素子M1で吸収され、その結果、波長 λ_1 を有する光 L_1 の受光出力が第1の電極及び共通電極を介して出力される。

このため、第1図に示す本発明による半導体発受光装置によれば、第1（または第2）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_1 を有する

光 L_1 （または波長 λ_2 を有する光 L_3 ）を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ得るように、第1（または第3）の半導体発受光素子M1（またはM3）で、発光させながら、それと同時に、第2（または第1）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 （または波長 λ_1 を有する光 L_1 ）を、光ファイバを用いて他の位置から受信させ得るように、第3（または第1）の半導体発受光素子M3（またはM1）で、受光させることができる。

しかも、この場合、第1（または第2）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_1 を有する光 L_1 （または波長 λ_3 を有する光 L_3 ）を、光ファイバを用いて他の位置に送信させ、また、光ファイバを用いて、第2（または第1）の波長を有する光（上例の場合、波長 λ_3 を有する光 L_3 （または波長 λ_1 を有する光 L_1 ）を受信させる場合、第2図において、第1図で上述した本発明による半導体発受光装置の2つをU1及びU2として用い、そしてそれら半導体発

受光装置U1及びU2間を1本の送受信用の光ファイバFで結合していることが示されているように、送信用の光ファイバと、受信用の光ファイバとの2本の光ファイバを必要とせず、送受信用の1つの光ファイバで足り、また、その送受信用の1つの光ファイバとの間に2つの光結合路を必要とせず、1つの光結合路で足りる。

また、上述したように、波長 λ_1 （または λ_3 ）を有する光 L_1 （または L_3 ）を、第1（または第3）の半導体発受光素子M1（またはM3）で発光させながら、それと同時に波長 λ_3 （または λ_1 ）を有する光 L_3 （または L_1 ）を、第3（または第1）の半導体発受光素子M3（またはM1）で受光させるとき、第2の半導体発受光素子M3の電極E2及びE0を短絡させておくことによって、雑音を実質的に伴わしめることなしに、上述した発光及び受光を行わせることができる、という優れた特徴を有する。

なお、上述においては、本発明による半導体

発受光装置の1つの実施例を示したに留まり、本発明の精神を脱することなしに、種々の変型、変更をなし得るであろう。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による半導体発受光装置の実施例を示す略線的断面図である。

第2図は、第1図に示す本発明による半導体発受光装置を用いて、双方向通信を行い得ることを示す略線的系統図である。

1 0 …… 半導体基板
B 1、B 2、B 3
…… 半導体積層体
2 1、2 3、2 4
…… 半導体層
2 2 …… 半導体活性層
E 1、E 2、E 3
…… 電極
E 0 …… 共通電極
M 1、M 2、M 3
…… 半導体発受光素子

